

## Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень, термінів	2
Вступ.	3
Основна частина.	4
1. Постановка задачі.	4
2. Основні теоретичні відомості.	5
3. Опис алгоритму, що використовується в розробці.	7
4. Опис розробленої програми:	8
4.1. Призначення та структура розробленого програмного продукту;	8
4.2. Опис функцій та процедур, що реалізовано в програмі;	16
4.3. таблиці маршрутів та відстаней в кожному вузлі мережі передачі даних.	18
5. Моделювання процесу передачі повідомлень в МПД заданої структури:	19
5.1. опис процесу тестування передачі повідомлення при різних параметрах передачі;	19
5.2. результати тестування.	19
6. Аналіз та порівняння отриманих результатів.	23
Висновки.	25

					<b>ІАЛЦ.467100.002 ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.		Лиман Д.М.						
		Орлова М.М.						
Н.								
Затв.		Орлова М.М.						

## Перелік скорочень, умовних позначень, термінів.

КМ - комп'ютерна мережа

МПД - мережа передачі даних

СПД - середовище передачі даних

Модель OSI - базова еталонна модель взаємодії відкритих систем (англ. Open Systems Interconnection Basic Reference Model).

					<b>ІАЛЦ.467100.002 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		2

## Вступ

Комп'ютерна мережа (КМ) — система зв'язку між двома чи більше комп'ютерами. У ширшому розумінні комп'ютерна мережа — це система зв'язку через кабельне чи повітряне середовище, самі комп'ютери різного функціонального призначення і мережеве обладнання.

Для передачі інформації можуть бути використані різні фізичні явища, як правило — різні види електричних сигналів чи електромагнітного випромінювання.

Середовищами передавання у КМ можуть бути телефонні кабелі, та спеціальні мережеві кабелі: коаксіальні кабелі, виті пари, волоконно-оптичні кабелі, радіохвилі, світлові сигнали.

Існує поняття базової еталонної моделі взаємодії відкритих систем — абстрактна мережева модель для комунікацій і розробки мережевих протоколів.

Будь-який протокол моделі OSI повинен взаємодіяти або з протоколами свого рівня, або з протоколами на одиницю вище або нижче за свій рівень. Взаємодії з протоколами свого рівня називаються горизонтальними, а з рівнями на одиницю вище або нижче — вертикальними. Будь-який протокол моделі OSI може виконувати лише функції свого рівня і не може виконувати функцій іншого рівня, що не виконується в протоколах альтернативних моделей.

В даному курсовому проекті буде розглядатись детально третій, мережевий рівень моделі OSI.

## Основна частина

### 1. Постановка задачі

Метою даного курсового проекту є моделювання процесу визначення найкоротшого маршруту передачі повідомлень в МПД з чотирма регіональними мережами, кожна з яких включає в себе 7 комунікаційних вузлів, та передачу повідомлень довільного розміру в режимі встановлення логічного з'єднання та дейтаграмному режимі за алгоритмом лавинної маршрутизації.

					<b>ІАЛЦ.467100.002 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		4

## 2. Основні теоретичні відомості.

Маршрутизація — процес визначення маршруту прямування інформації між мережами. Маршрутизатор — спеціалізований пристрій, що використовується для поєднання двох або більше мереж та керує процесом маршрутизації, тобто на підставі інформації про топологію мережі і певних правил приймає рішення про пересилку пакетів мережевого рівня (рівень 3 моделі OSI) між різними сегментами мережі.

Для звичайного користувача маршрутизатор (роутер) — це мережевий пристрій, який підключається між локальною мережею і інтернетом. Часто маршрутизатор не обмежується простою пересилкою даних між інтерфейсами, а також виконує і інші функції: захищає локальну мережу від зовнішніх погроз, обмежує доступ користувачів локальної мережі до ресурсів інтернету, роздає IP-адреси, шифрує трафік і багато що інше.

Маршрутизатори (роутери) працюють на мережному рівні моделі OSI: можуть пересилати пакети з одної мережі до іншої. Для того, щоб послати пакети в потрібному напрямку, маршрутизатор використовує таблицю маршрутизації, що зберігається у пам'яті [1].

Таблиця маршрутизації може складатися двома способами:

статична маршрутизація — коли записи в таблиці вводяться і змінюються вручну. Такий спосіб вимагає втручання адміністратора кожного разу, коли відбуваються зміни в топології мережі. З іншого боку, він є

найстабільнішим і таким, що вимагає мінімуму апаратних ресурсів маршрутизатора для обслуговування таблиці; динамічна маршрутизація — коли записи в таблиці оновлюються автоматично за допомогою одного або кількох протоколів маршрутизації. Крім того, маршрутизатор будує таблицю оптимальних шляхів до мереж призначення на основі різних критеріїв — кількості проміжних вузлів, пропускної спроможності каналів, затримки передачі даних тощо. Такий спосіб побудови таблиці дозволяє автоматично тримати таблицю маршрутизації в актуальному стані і обчислювати оптимальні маршрути на основі поточної топології мережі.

### 3. Опис алгоритму, що використовується

В даному курсовому проекті використовується алгоритм лавинної маршрутизації. В його основі лежить алгоритм розмноження пакетів, за яким вузол комутації, отримуючи пакет, генерує його клони, і розповсюджує їх в усіх напрямках крім того, з якого він отриманий. Для придушення ефекту розповсюдження пакетів у кожному вузлі комутації знищуються всі пакети, які потрапляють до нього повторно. Перевага лавинної маршрутизації – мінімальні затримки, оскільки використовуються всі шляхи, в тому числі і найкоротший. Недоліки – велика кількість надлишкової інформації та значна завантаженість мережі.

Лавинна маршрутизація відноситься до простої маршрутизації, тобто таблиця маршрутизації або зовсім не використовується, або будується без участі протоколів маршрутизації [2].

## 4. Опис розробленої програми

### 4.1. Призначення та структура розробленого програмного продукту.

Призначенням створеного програмного продукту являється емуляція функціонування мережі передачі даних із заданою топологією. Завдяки моделі можна проаналізувати показники передачі даних: швидкість, кількість транзитних ділянок при передачі, завантаженість мережі тощо. Завдяки моделі можна підібрати оптимальні характеристики функціонування МПД.

Програмний продукт реалізовано згідно принципу розподілу відповідальності між представницьким рівнем та рівнем доступу до даних відповідно. В проекті присутній інтерфейс взаємодії між користувачем і безпосередніми даними - Front-end. Іншою частиною являється Back-end, який відповідає за обробку даних. Перевагою даного методу є те, що Front-end та Back-end можуть бути розподілені між декількома системами [3].

МПД генерується з випадковими зв'язками між вузлами із середнім ступенем мережі 2,5, що задано згідно варіанту (рис. 4.1). У мережі виділяються 4 регіональні мережі, кожна складається з 7 елементів. Між собою регіональні мережі поєднані вузлами-шлюзами та утворюють кільцеву топологію. Перевагами такої конфігурації є простота у створенні та налаштуванні. [4] Недоліком є ненадійність такої конфігурації, бо у разі поломки шлюзу регіональна мережа втрачає зв'язок з іншими регіональними мережами. Найкращим випадком для алгоритму лавинної маршрутизації була б повнозв'язна



конфігурація топології, але економічно не вигідно зв'язувати кожну регіональну мережу з кожною, бо фактично можуть знаходитись на великій відстані одна від одної.

Умовно одна з регіональних мереж знаходиться на великій відстані, тому вона поєднана із двома сусідніми мережами супутниковими каналами зв'язку, вага яких втричі більша за вагу звичайних каналів. Вага каналів обирається випадково із заданої множини значень (1, 2, 3, 5, 7, 8, 12, 15, 21, 26) згідно варіанту. За замовчуванням кожен канал має дуплексний тип зв'язку.

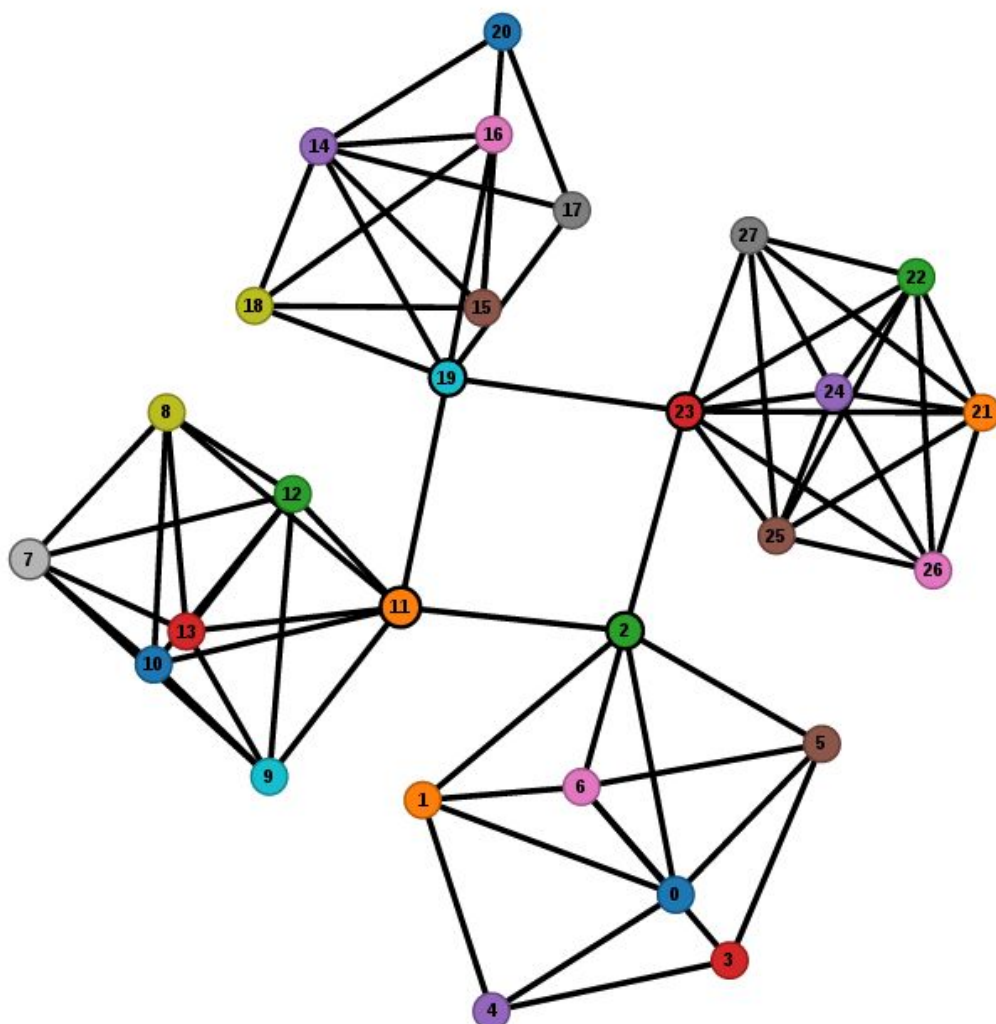


Рис. 4.1 Структура МПД

Тип зв'язку може бути зміненим, якщо навести курсор на канал та зняти галочку біля рядка “Checked - duplex, not checked - not duplex” (рис. 4.2). Якщо канал має напівдуплексний тип зв'язку, то його вага збільшується в 1,5 рази - втрата часу на переналаштування. Також у інформативному вікні можна побачити вагу каналу та увімкнути або вимкнути канал зв'язку, тобто даний канал не буде використаний для побудови таблиці маршрутів, але залишиться у МПД. Така операція необхідна для емуляції ситуації виходу з ладу каналу.

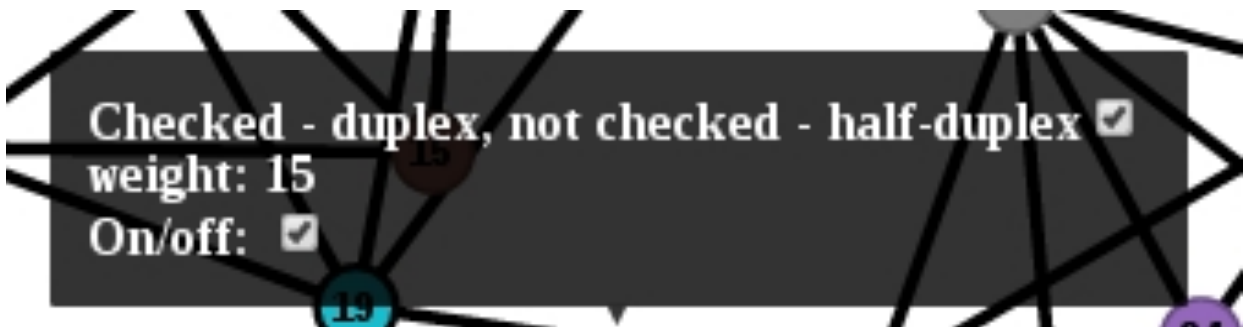


Рис. 4.2 Інформаційне вікно для каналу

Інформативне вікно для вузла мережі представлено на рис. 4.3. У даному вікні присутні кнопки “Get table”, “Show sequence”, “Show sending”, поле “Message length”, відмітка для увімкнення/вимкнення вузла.

Кнопка “Get table” відповідає за побудову таблиці найкоротших маршрутів, маршрутів з мінімальною кількістю транзитних ділянок між одним з вузлів регіональної мережі та всіма іншими вузлами, шлюзами інших регіональних мереж для того, щоб можна було проаналізувати швидкість передачі повідомлень між регіональними мережами. Приклад такого аналізу відображено на рис. 4.4.

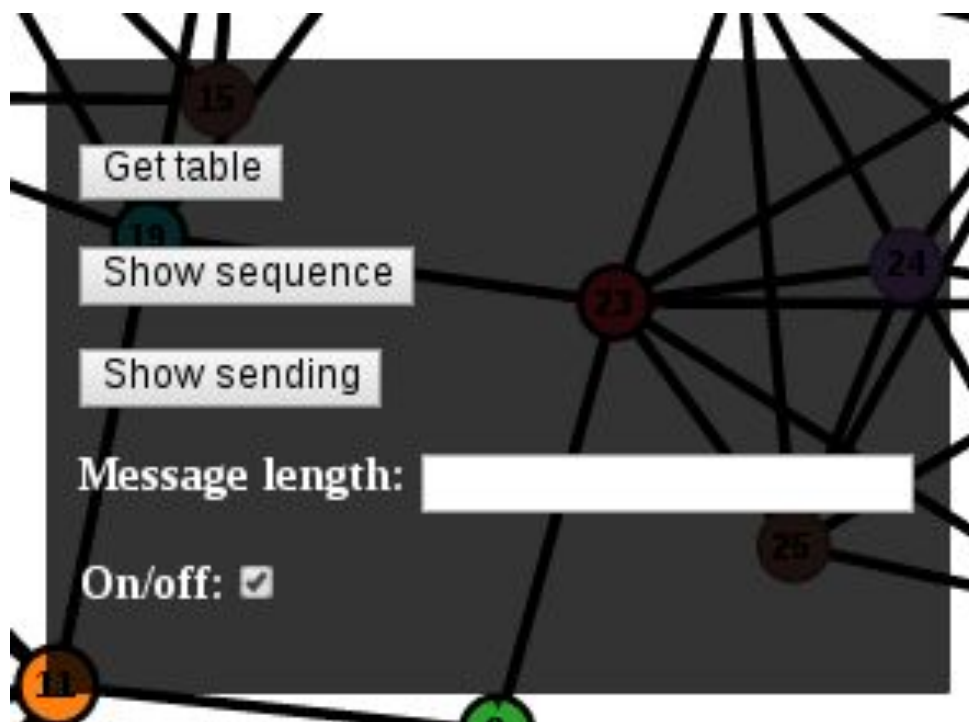


Рис. 4.3 Інформаційне вікно для вузла

Table of ways		
id shortest way min transit		
0	12	1
1	3	1
3	9	2
4	13	2
5	1	1
6	1	1
11	24	1
19	30	2
23	15	1

Рис. 4.4. Аналіз найкоротших маршрутів

Кнопка “Show sending” відповідає за відображення покрокового виконання алгоритму лавинної маршрутизації передачі інформації між вузлами МПД. Для кожної ітерації відправлення повідомлення зафарбовується синім кольором канал зв'язку, який бере участь у процесі обміну пакетами. Друга ітерація передачі з вузла під номером 2 відображена на рис. 4.5.

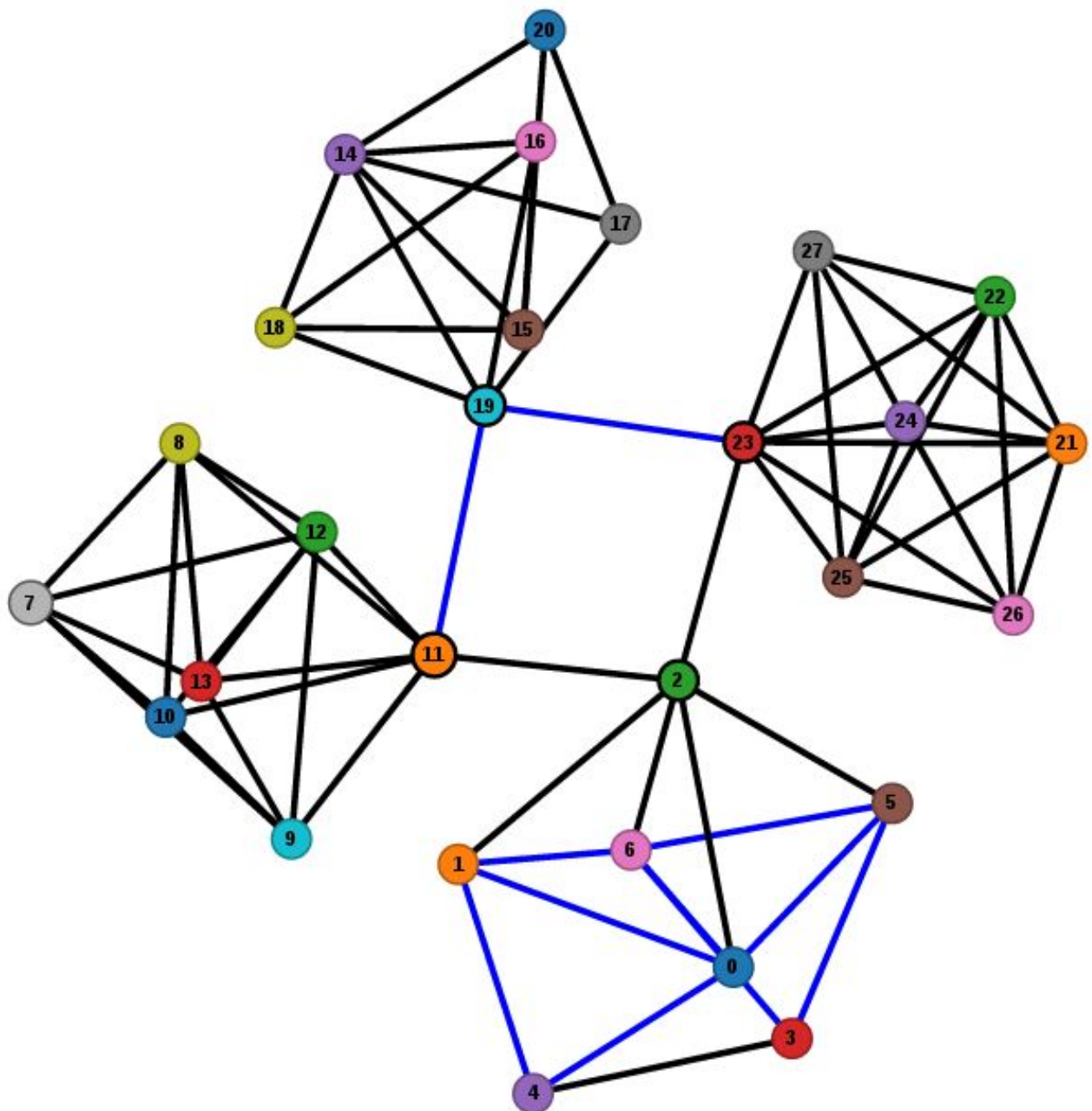


Рис. 4.5. Відображення кроку передачі повідомлення

Кнопка “Show sending” відповідає за аналіз часу доставки повідомлення заданого або випадково згенерованого розміру (в межах від 1000 до 5000 байт) при передачі пакетів різної довжини. У вікні показано максимальний розмір пакету, який може опрацювати вузол мережі. Наступний рядок містить інформацію про довжину повідомлення. На рис. 4.6 приклад аналізу часу відправлення з випадково згенерованою довжиною повідомлення.

Table of ways						
Max size of packet: 3500						
Length of message: 4190						
id	logical connect 1600	logical connect 2100	logical connect 3100	datagram 1600	datagram 2100	datagram 3100
0	48	48	32	36	36	24
1	21	21	14	9	9	6
3	39	39	26	27	27	18
4	51	51	34	39	39	26
5	15	15	10	3	3	2
6	15	15	10	3	3	2
11	84	84	56	72	72	48
19	102	102	68	90	90	60
23	57	57	38	45	45	30

Рис. 4.6. Аналіз часу доставки повідомлення

У разі, якщо користувач хоче задати довжину повідомлення, йому необхідно ввести число в поле “Message length” як показано на рис. 4.7

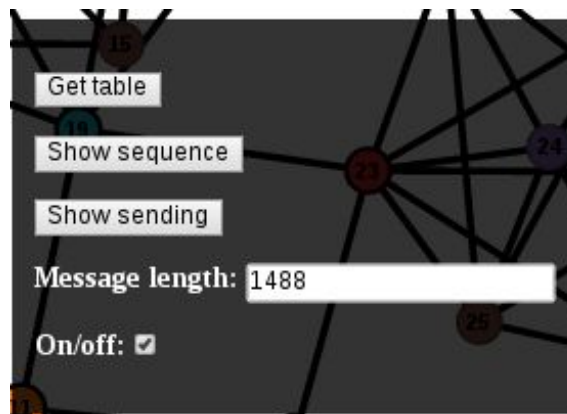


Рис. 4.7. Введення довжини повідомлення для обчислення часу його доставки

Також реалізовано додавання або видалення елементів з МПД, без можливості відновлення.

При натисканні лівою кнопкою миші, під курсором з'явиться новий вузол мережі, який може бути зв'язаний з будь-якою регіональною мережею. На рис. 4.8. відображено додавання нового вузлу комутації з двома каналами зв'язків, один з яких має вагу 15, до першої регіональної мережі.

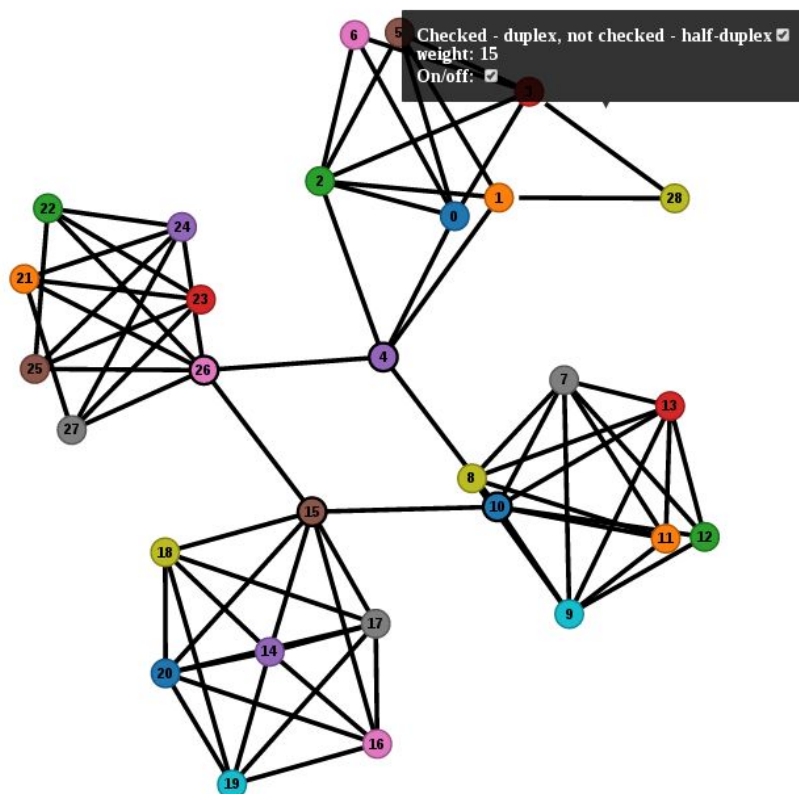


Рис. 4.8. Додавання нових елементів до МПД



Для перевірки коректності додавання елементу наведено аналіз найкоротших шляхів для першої регіональної мережі на рис. 4.9.

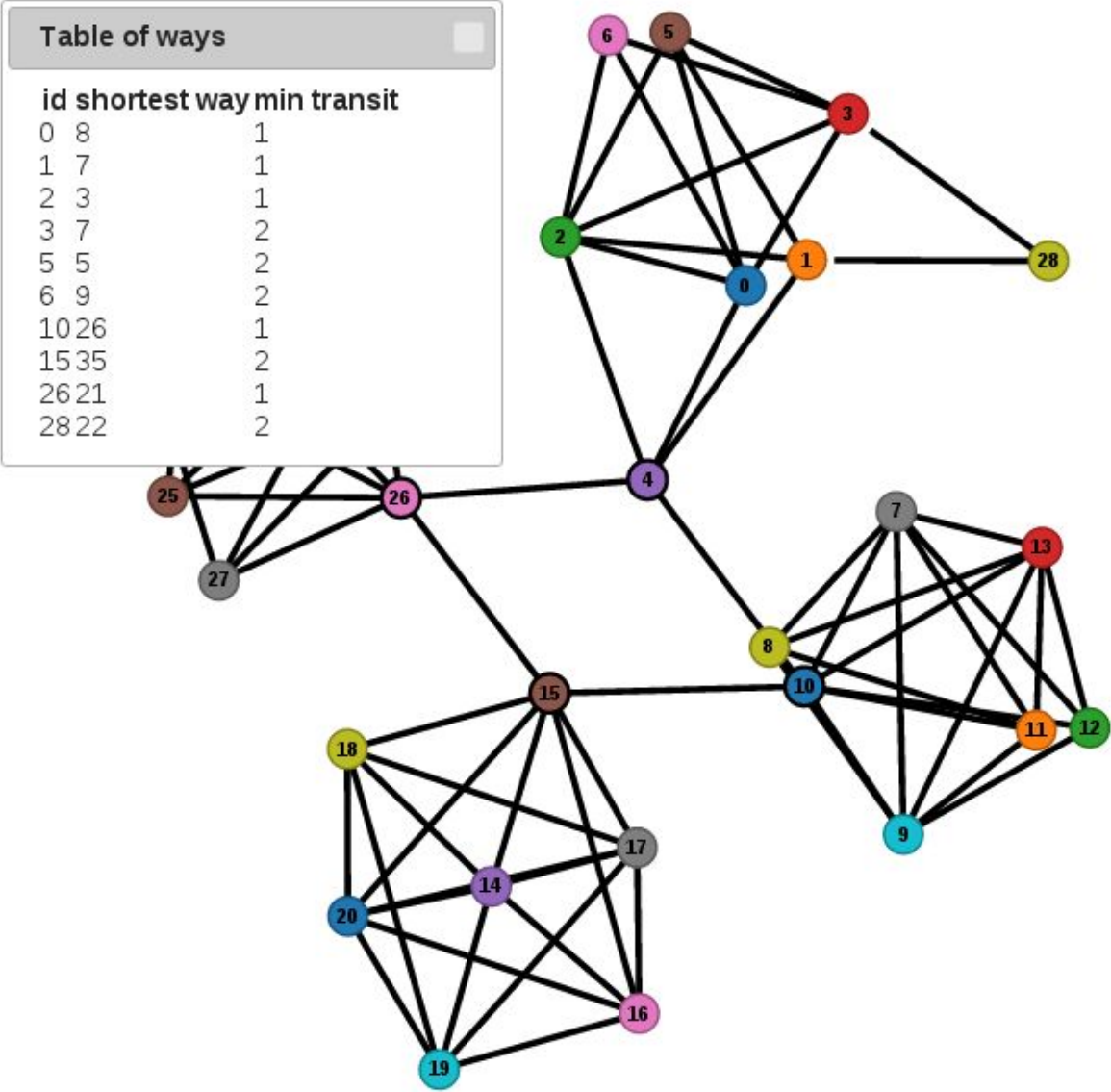


Рис. 4.9. Аналіз найкоротших шляхів для відображення коректності додавання елементу до мережі

Також можна видалити елемент мережі. Для цього потрібно виділити вузол або канал зв'язку, натиснувши на ньому один раз лівою кнопкою миші, та натиснути клавішу Del. Результат дії відображено на рис. 4.10

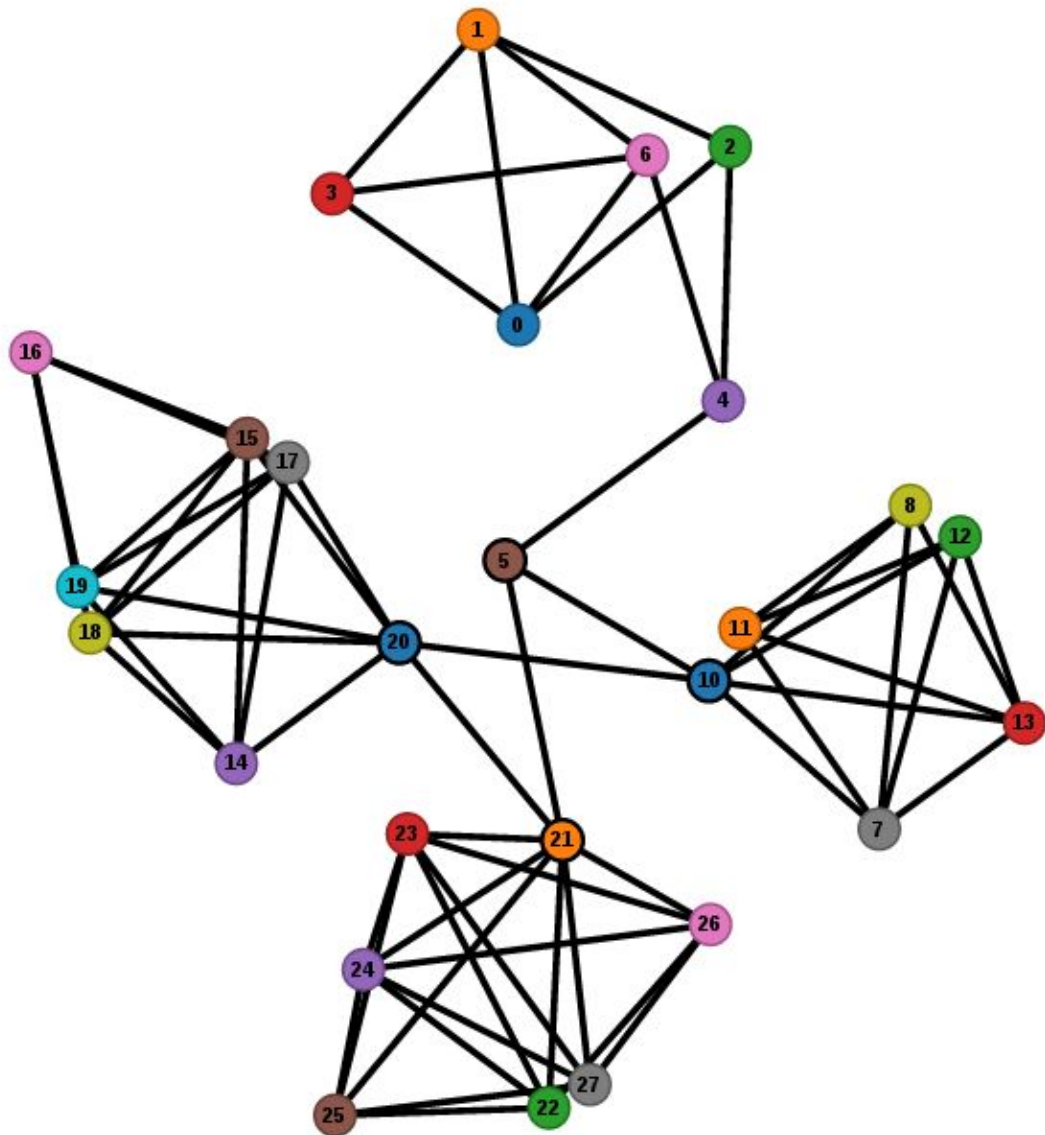


Рис. 4.10. Видалення вузла комутації під номером 9 у другій регіональній мережі

Оскільки усі характеристики мережі задаються при створенні серверу, для того, щоб згенерувати нову топологію мережі потрібно перезапустити сервер.

#### 4.2. Опис функцій та процедур, що реалізовано в програмі:

Слухачі запитів, що приходять із інтерфейсної частини:

- get\_global\_network,
- get\_table\_network\_element,
- get\_sending\_sequence,
- get\_table\_sending\_message,
- power\_element, power\_connection, add\_element, add\_connection,
- delete\_element, delete\_connection.



Структура, що реалізує об'єкт МПД - GlobalNetwork, яка має в собі декілька функцій та властивостей. Основною функцією є ініціалізація цієї структури - випадкова генерацію параметрів мережі: ваги каналів, кількість регіональних мереж, кількість вузлів у регіональній мережі, кількість супутникових каналів. Після запуску функції-слухачі викликають відповідні функції для обробки та генерації даних: таблиця найкоротших маршрутів та таблиця з мінімальною кількістю транзитних ділянок (table\_of\_way), покрокове виконання алгоритму (sequence\_sending), визначення часу доставки повідомлень (sending\_message) між вузлами регіональної мережі та вузлами-шлюзами. Тобто на кожну дію, яка пов'язана з обробкою даних присутня функція, що отримує критерій для генерації та на виході відправляє інформацію щодо МПД. Оскільки за заданим варіантом присутній розподіл на регіональні мережі, то в програмному коді це відображено аналогічною ієрархією.

Структура, що реалізує об'єкт регіональної мережі - RegionalNetwork. Функції глобальної мережі лише відфільтровують вхідні дані для того, щоб обрати, яка структура регіональної мережі (усього за умовою 4) буде виконувати безпосередні обчислення та формування вихідних даних.

Структура, що виконує обчислення даних мережі за відповідним алгоритмом - AboutWays. Завдяки виділенню цієї частини в окрему структуру можлива швидка заміна алгоритму, за яким буде відбуватись побудова даних.

Структура, що реалізує вузол МПД - NetworkElement. Цей об'єкт має характеристики для унікальної ідентифікації вузлів

Структура, що реалізує канал МПД - NetworkConnection. Цей об'єкт містить інформацію для побудови різноманітних таблиць та інших наборів даних для відображення характеристик мережі.

#### *4.3. Формування таблиці маршрутів та відстаней в кожному вузлі мережі передачі даних*

Кожен вузол мережі містить таблицю маршрутів та відстаней для передачі повідомлень з найменшим можливим часом відправлення. Дана таблиця може динамічно змінюватись у разі додавання/видалення вузлів або каналів мережі. Значення в таблиці також змінюватиметься у разі зміни типу каналу: за замовчування стоїть дуплексний тип, а у разі напівдуплексного типу - вага каналу збільшується в 1.5 рази.

## **5. Моделювання процесу передачі повідомлень в МПД заданої структури.**

### *5.1. Опис процесу тестування передачі повідомлення при різних параметрах передачі.*

Для тестування моделі та кращого порівняльного аналізу буде тільки змінюватися довжина повідомлення, а довжина пакетів буде залишатися сталою і складатися з трьох варіантів: 1600 байт, 2100 байт та 3100 байт. У довжину пакету закладено значення заголовку - 100 байт, та інформаційної частини - решта залишеного розміру.

Завдяки такому тестуванню можна побачити різницю часу доставки повідомлення у певній регіональній мережі та визначити оптимальну довжину пакету повідомлення в залежності від довжини повідомлення.

### *5.2. Результати тестування*

Результатами проведених дослідницьких тестів представлено на рис. 5.1 - 5.7. В другому рядку вказано довжину повідомлення в байтах, яке відправляється, а в заголовку кожного стовпчика останнє число показує розмір в байтах довжини пакета: 100 байт - заголовок, а інша частина - інформаційна. Значеннями стовпчиків з 2 по 6 являється час доставки повідомлення, в секундах, заданої довжини до вузлів мережі з відповідним унікальним ідентифікаційним номером.

Table of ways						
Max size of packet: 3500						
Length of message: 1500						
logical id	connect 1600	connect 2100	connect 3100	datagram 1600	datagram 2100	datagram 3100
3	60	60	60	56	56	56
8	22	22	22	18	18	18
14	20	20	20	16	16	16
21	7	7	7	3	3	3
22	17	17	17	13	13	13
23	14	14	14	10	10	10
24	15	15	15	11	11	11
25	7	7	7	3	3	3
26	15	15	15	11	11	11

Рис. 5.1. Довжина повідомлення - 1500 байт

Table of ways						
Max size of packet: 3500						
Length of message: 1600						
logical id	connect 1600	connect 2100	connect 3100	datagram 1600	datagram 2100	datagram 3100
3	120	60	60	112	56	56
8	44	22	22	36	18	18
14	40	20	20	32	16	16
21	14	7	7	6	3	3
22	34	17	17	26	13	13
23	28	14	14	20	10	10
24	30	15	15	22	11	11
25	14	7	7	6	3	3
26	30	15	15	22	11	11

Рис. 5.2. Довжина повідомлення - 1600 байт

Table of ways

Max size of packet: 3500

Length of message: 2000

	logical id	connect 1600	logical connect 2100	logical connect 3100	datagram 1600	datagram 2100	datagram 3100
3	120		60	60	112	56	56
8	44		22	22	36	18	18
14	40		20	20	32	16	16
21	14		7	7	6	3	3
22	34		17	17	26	13	13
23	28		14	14	20	10	10
24	30		15	15	22	11	11
25	14		7	7	6	3	3
26	30		15	15	22	11	11

Рис. 5.3. Довжина повідомлення - 2000 байт

Table of ways

Max size of packet: 3500

Length of message: 2100

	logical id	connect 1600	logical connect 2100	logical connect 3100	datagram 1600	datagram 2100	datagram 3100
3	120		120	60	112	112	56
8	44		44	22	36	36	18
14	40		40	20	32	32	16
21	14		14	7	6	6	3
22	34		34	17	26	26	13
23	28		28	14	20	20	10
24	30		30	15	22	22	11
25	14		14	7	6	6	3
26	30		30	15	22	22	11

Рис. 5.4. Довжина повідомлення - 2100 байт

**Table of ways**

Max size of packet: 3500

Length of message: 3000

	logical id	connect 1600	logical connect 2100	logical connect 3100	datagram 1600	datagram 2100	datagram 3100
3	120		120	60	112	112	56
8	44		44	22	36	36	18
14	40		40	20	32	32	16
21	14		14	7	6	6	3
22	34		34	17	26	26	13
23	28		28	14	20	20	10
24	30		30	15	22	22	11
25	14		14	7	6	6	3
26	30		30	15	22	22	11

Рис. 5.5. Довжина повідомлення - 3000 байт

**Table of ways**

Max size of packet: 3500

Length of message: 3100

	logical id	connect 1600	logical connect 2100	logical connect 3100	datagram 1600	datagram 2100	datagram 3100
3	180		120	120	168	112	112
8	66		44	44	54	36	36
14	60		40	40	48	32	32
21	21		14	14	9	6	6
22	51		34	34	39	26	26
23	42		28	28	30	20	20
24	45		30	30	33	22	22
25	21		14	14	9	6	6
26	45		30	30	33	22	22

Рис. 5.6. Довжина повідомлення - 3100 байт

# Table of ways



Max size of packet: 3500

Length of message: 4000

	logical id	connect 1600	logical connect 2100	logical connect 3100	datagram 1600	datagram 2100	datagram 3100
3	180		120	120	168	112	112
8	66		44	44	54	36	36
14	60		40	40	48	32	32
21	21		14	14	9	6	6
22	51		34	34	39	26	26
23	42		28	28	30	20	20
24	45		30	30	33	22	22
25	21		14	14	9	6	6
26	45		30	30	33	22	22

Рис. 5.7. Довжина повідомлення - 4000 байт

## 6. Аналіз та порівняння отриманих результатів

У разі лавинної маршрутизації, різниця у часі між передачею повідомлень у режимі логічного з'єднання чи дейтаграмному полягає лише у 4 секундах затримки, які витрачаються на створення з'єднання та його знищення. Можна зробити висновок, що використання режиму логічного з'єднання дає лише додаткові витрати в часі при застосуванні даного алгоритму маршрутизації. Однак на практиці алгоритм чистої лавинної маршрутизації не використовується, а лише завдяки ньому формуються таблиці шляхів для кожного вузла мережі.

На підставі даних проведеного тестування ми можемо побачити, що у разі, якщо в запланованій мережі довжина повідомлень буде не більше за 1500 байт (рис. 5.1), то можна використовувати будь-який розмір інформаційної частини з наведених трьох варіантів, бо при формуванні пакету, додавання заголовку зі 100 байтів та інформаційної частини 1500 байт, довжина відправлення повідомлення не відрізняється.

Однак при перевищенні довжини повідомлення хоча б на 1 байт або більше, наприклад, 1600 байт (рис. 5.2), тривалість передачі різко збільшується у два рази у разі дейтаграмного режиму (2-ий та 5-ий стовпчики). Аналогічна ситуація спостерігається і у випадку, коли довжина інформаційної складової дорівнює 2000 байтам - рис. 5.3 і рис. 5.4. Тобто, якщо розмір повідомлень буде в межах 1501 - 2000 байт, то виграш у використанні пакетів з довжиною інформаційної складової у 2000 байт є подвійним порівняно з 1500 байт.



Аналогічну картину можна спостерігати і для повідомлень, що належать відрізьку 2001 - 3000 байт (рис. 5.5. і рис. 5.6).

Можна зробити висновок, що якщо довжина повідомлення буде більшою за довжину інформаційної частини пакету, то все залежить від кратності першого до другого.

Важливо також відмітити, що для даної моделі було обрано обмеження на передачу пакету у 3600 байт, а, отже, у разі використання передачі пакетів довжиною 3601 байт і більше створюється необхідність ускладнення технічного забезпечення вузлів комутації, які повинні буди оснащені певним стеком для збереження пакетів, однак виграша у часі не буде спостерігатись.

Загалом, довжина інформаційного обмежена технічними можливостями комунікаційних вузлів, адже кожен з них повинен перевіряти на коректність отриманих даних за допомогою циклічних кодів або іншими способами контролю помилок при передачі даних.

## Висновки

Результатом даної роботи став програмний продукт завдяки якому можна провести модуляцію топології МПД з заданою структурою - 4 регіональних мережі, в кожній по 7 елементів, середнім ступенем мережі 2,5 та заданою множиною значень ваги каналів. Перевагою даного продукту є обраний принцип розподілу відповідальності між представницьким рівнем та рівнем доступу до даних. Це дає можливість відображення однієї топології мережі декільком користувачам одночасно. Також передбачена можливість налаштування мережі з внесенням коректив у конфігурацію для кращого аналізу процесу передачі повідомлення та відповідних характеристик.